



Red Geodésica Nacional y la transformación de Cartografía desde la materialización SIRGAS Chile 2013 a 2016



May E. Aleuy, J.C. Báez, H. Montecino, S. Rozas, I. Parada
geodesico@igm.cl, sirgas@igm.cl





Temario

- IGM y su labor como institución técnica del Estado de Chile
- RGN y marcos de referencia en Chile
- Red Geodésica Nacional oficial
- Consideraciones iniciales para la obtención de parámetros
- Modelo de transformación de coordenadas
- ITRF/ITRS, IGS, SIRGAS
- Soluciones SIRGAS Chile 2013 y 2016
- Deformaciones
- Solución para transformar SIRGAS CHILE 2013 a 2016
- Consideraciones finales



Instituto Geográfico Militar de Chile



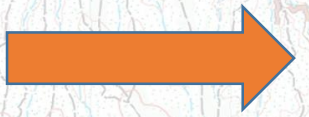
Es la autoridad oficial, en representación del Estado, en todas las materias relacionadas a la geografía, levantamientos, redes geodésicas y cartografía del territorio nacional.

Proporciona un servicio de información técnica permanente en relación a las geociencias en Chile, cuando es requerido por organismos del Estado para el desarrollo y seguridad de la Nación.

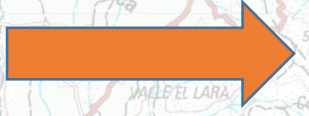
Se constituye como punto de referencia nacional en la creación de información geoespacial



Chile País sísmico

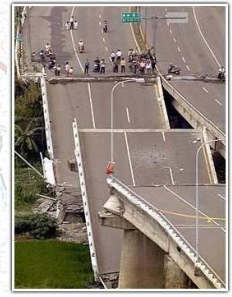
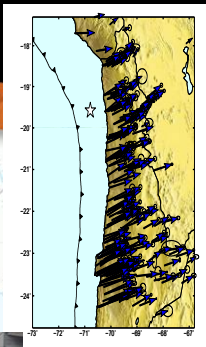


- 2010 - M8.8
- 2014 - M8.2
- 2015 - M8.4
- 2016 - M7.6



Terremotos y la RGN


El IGM ha remedido, calculado y ajustado para poner a disposición de los usuarios, coordenadas SIRGAS-Chile referidas a las épocas 2002.0, 2010 (provisoria), 2013.0 y 2016.0.....2021?



Red Geodésica Oficial de Chile



SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO PARA CHILE SIRGAS-CHILE, ÉPOCA 2016.0



IGM
INSTITUTO GEODÉSICO MILITAR

SISTEMA DE REFERENCIA GEODÉSICO PARA CHILE
SIRGAS-CHILE, ÉPOCA 2016.0

INTRODUCCIÓN

El Instituto Geográfico Militar, como Servicio Técnico del Estado de Chile en generación de información geoespacial, tiene la misión entre otras cosas, poner a disposición de los usuarios de las ciencias de la tierra un Sistema de Referencia Moderna, Único y homogéneo de acuerdo con las exigencias de los estándares geodésicos internacionales actuales. De acuerdo a lo anterior, el IGM invita a las instituciones públicas y privadas, y a la comunidad en general, a utilizar el Sistema de Referencia Geodésica para las Américas SIRGAS, con su definición para nuestro país denominada SIRGAS-CHILE, para georeferenciar todos los trabajos y fenómenos que necesiten ser representados espacialmente.

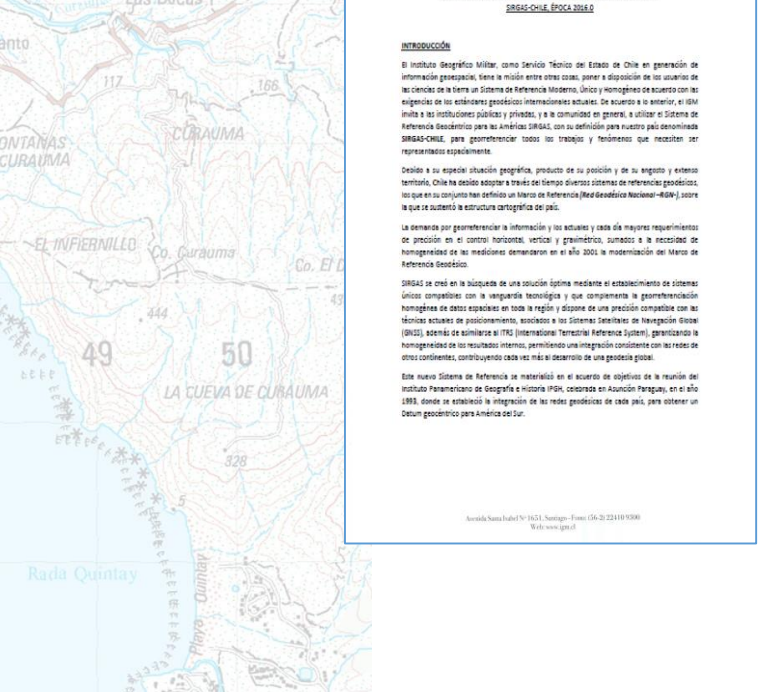
Debido a su especial situación geográfica, producto de su posición y de su angosto y extenso territorio, Chile ha decidido adoptar a través del tiempo diversos sistemas de referencias geodésicos, los que en su conjunto han definido un marco de Referencia (Red Geodésica Nacional-IGN) sobre la que se sustentó la estructura cartográfica del país.

La necesidad por georeferenciar la información y sus actuales y cada día mayores requerimientos de precisión en el control horizontal, vertical y gravimétrico, sumados a la necesidad de homogeneidad de las mediciones demostraron en el año 2001 la modernización del Marco de Referencia Geodésico.

SIRGAS se creó en la búsqueda de una solución óptima mediante el establecimiento de sistemas únicos compatibles con la vanguardia tecnológica y que complementen la georeferenciación homogénea de datos espaciales en toda la región y dispone de una precisión comparable con las técnicas actuales de posicionamiento, asociadas a los Sistemas Satelitales de Navegación Global (GNSS), además de sustituir al ITRS (International Terrestrial Reference System), garantizando la homogeneidad de los resultados internos, permitiendo una integración consistente con las redes de otros continentes, contribuyendo cada vez más al desarrollo de una geodesia global.

Este nuevo Sistema de Referencia se materializó en el acuerdo de objetivos de la reunión del Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH, celebrado en Asunción Paragay), en el año 1993, donde se estableció la integración de las redes geodésicas de cada país, para obtener un Datum geodésico para América del Sur.

Avda. Santa Isabel N° 1621, Santiago - Fono: 06-2224101930
Web: www.igm.cl



IGM
INSTITUTO GEODÉSICO MILITAR

RED GEODÉSICA NACIONAL

La actual Red Geodésica Nacional SIRGAS-CHILE está conformada por una red horizontal y vertical, las cuales incluyen la siguiente información:

Red horizontal

- Red de Estaciones Activas Fija, que permiten calcular claramente coordenadas para apoyar cualquier medición diferencial GNSS y además monitorear el desplazamiento de los puntos técnicos determinados precisados y desplazamientos.

Esta red está compuesta por estaciones GNSS del IGM, de la Red Simbólica Nacional administrada por el Centro Simbólico Nacional (CSN) y estaciones de Proyecto de los Andes Centrales CAP de la Universidad de Chile, USA, además de estaciones incorporadas en el 2010 en apoyo al estudio del terremoto de Maule 8.8, por las Universidades de Concepción, Universidad de Talca, Universidad de Magallanes y Ministerio de Obras Públicas, constituyendo una única y robusta red geodésica, la cual es procesada y analizada por el IGM, poniendo a disposición de los usuarios coordenadas referidas al sistema de referencia oficial del país SIRGAS-CHILE.

- Red Pasiva, conformada por puntos con coordenadas SIRGAS-CHILE, P1ADN y SAD-83, distribuidos a lo largo y ancho del país, de manera que los usuarios tengan acceso a una mayor actualización de datos.

Red vertical

- Red de Nivelación y Gravedad, que consta de puntos con información de altura referida al nivel medio del mar y valores de gravedad absolutos y relativos, que conforman el Datum vertical oficial del país.

La dinámica de placas en nuestra parte del continente, obliga al IGM a monitorear constantemente el marco de referencia nacional, con el objeto de garantizar que las coordenadas publicadas a disposición de los usuarios sean las más precisas y actualizadas, sobre todo después de eventos sísmicos de gran magnitud como los ocurridos en Chile en los últimos años. Esto hace que el IGM desde el año 2002, está realizando, calculando y ajustando coordenadas SIRGAS-CHILE referidas a las épocas 2002.0, 2010.0, 2013.0 y actualmente 2016.0.

En resumen, el actual Marco de Referencia utilizado en Chile corresponde a SIRGAS-CHILE y su definición es idéntica a la del sistema internacional de Referencia Terrestre (ITRS: International Terrestrial Reference System) su realización es una simplificación regional del Marco Internacional de Referencia Terrestre (ITRF: International Terrestrial Reference Frame) en América Latina. Su uso fue recomendado por la Organización de las Naciones Unidas en su Séptima Conferencia Cartográfica de las Américas (Nueva York, enero 22 al 26 de 2001), y adoptado por el IGM como sistema de referencia oficial en el año 2002, constituyéndose en la base fundamental de la

Avda. Santa Isabel N° 1621, Santiago - Fono: 06-2224101930
Web: www.igm.cl



IGM
INSTITUTO GEODÉSICO MILITAR

Infraestructura de datos espaciales en la región y ofreciendo apoyo mediante el Camiló Regional de las Naciones Unidas sobre la Gestión de Información Geoespacial para las Américas (UN-GIM: América), cuyo objetivo inmediato es la promoción de la Resolución sobre el Marco Geodésico Global de Referencia para el Desarrollo Sostenible, emanada de la Asamblea General de las Naciones Unidas el 26 de febrero de 2015.

Cálculo y Centro de Procesamiento de Datos SIRGAS-CHILE
Instituto Geográfico Militar
ign@igm.cl

Avda. Santa Isabel N° 1621, Santiago - Fono: 06-2224101930
Web: www.igm.cl



IGM
INSTITUTO GEODÉSICO MILITAR

MAPA RED GEODÉSICA NACIONAL SIRGAS-CHILE, ÉPOCA 2016.0 (www.igm.cl)

MARKO DE REFERENCIA: SIRGAS-CHILE
ÉPOCA DE REFERENCIA: 2016.0
EIPUDES: 0450
MARKO DE REFERENCIA GLOBAL: WGS84

Avda. Santa Isabel N° 1621, Santiago - Fono: 06-2224101930
Web: www.igm.cl





Consideraciones iniciales



1. Se requiere transformar las coordenadas cartesianas entre las realizaciones de SIRGAS Chile 2013 a 2016;
2. La finalidad es permitir la migración en los Sistemas de Información Geográfica (SIG);
3. La transformación es con fines cartográficos, esto es, 0.25 a 0.20 mm en la carta, actualmente 0.05 mm;
4. La transformación no debe distorsionar, en general, el vínculo con ITRF2008 y su densificación en Chile como SIRGAS-CHILE;
5. La solución debe ser posible de implementar en los SIG



Modelo de transformación:

$$X_{DL} = sR_{\kappa,\phi,\omega}X_{DG} + T$$

7 parámetros o 14 si es con variación en el tiempo

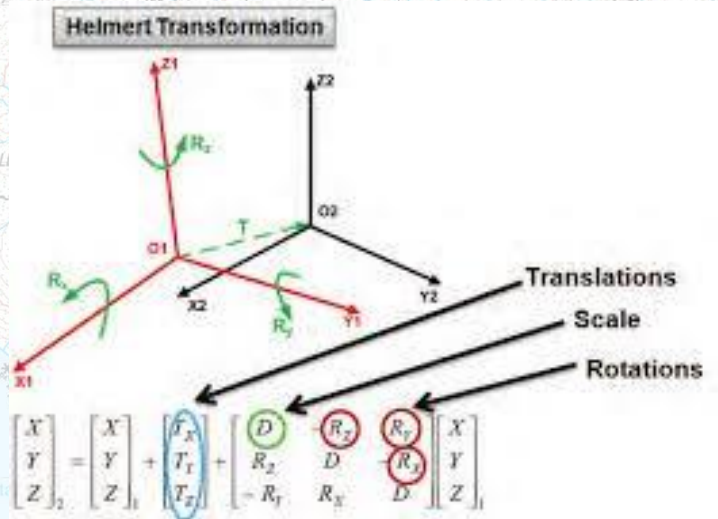
$$s = 1 + \Delta S$$

$$R = I + \Delta T$$

$$\Delta R = \begin{bmatrix} \cos\kappa & \sin\kappa & 0 \\ -\sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\phi & 0 & -\sin\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\phi & 0 & \cos\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & \sin\omega \\ 0 & -\sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix}$$

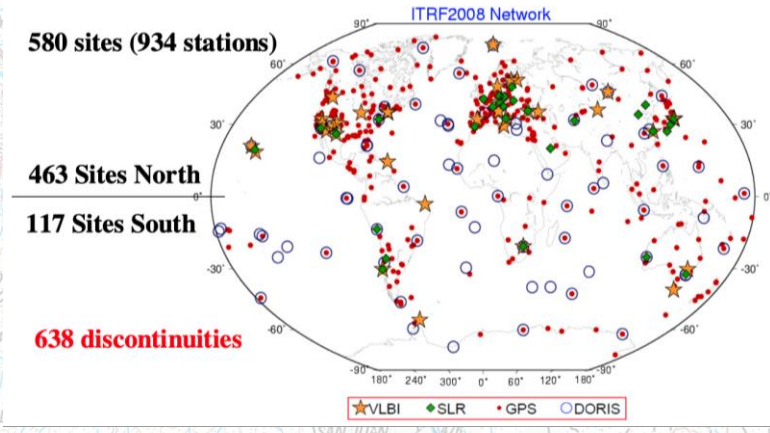
$$T = T_0 + \Delta T = \begin{bmatrix} T_X^0 \\ T_Y^0 \\ T_Z^0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta T_X \\ \Delta T_Y \\ \Delta T_Z \end{bmatrix}$$

s, R y T en términos de cantidades aproximadas y pequeñas

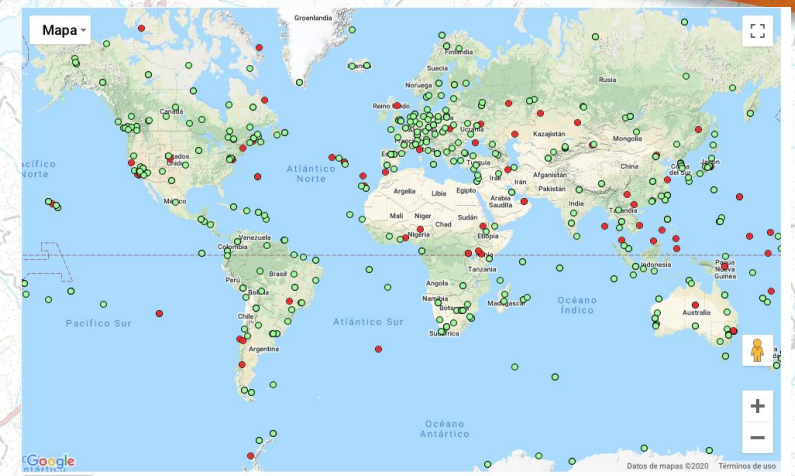




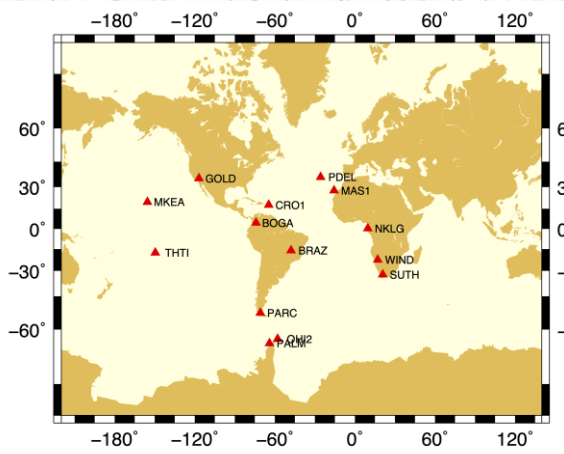
ITRF/ITRS, IGS, SIRGAS



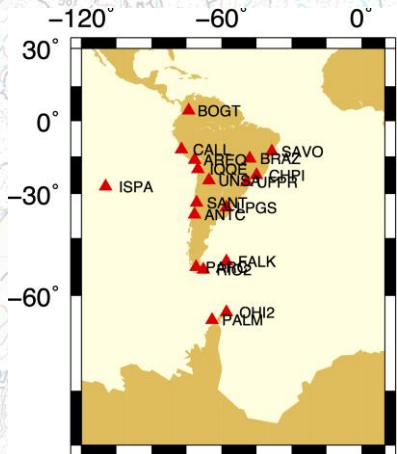
Red ITRF2008 IGS e IGB08



SIRGAS DGFI/IBGE

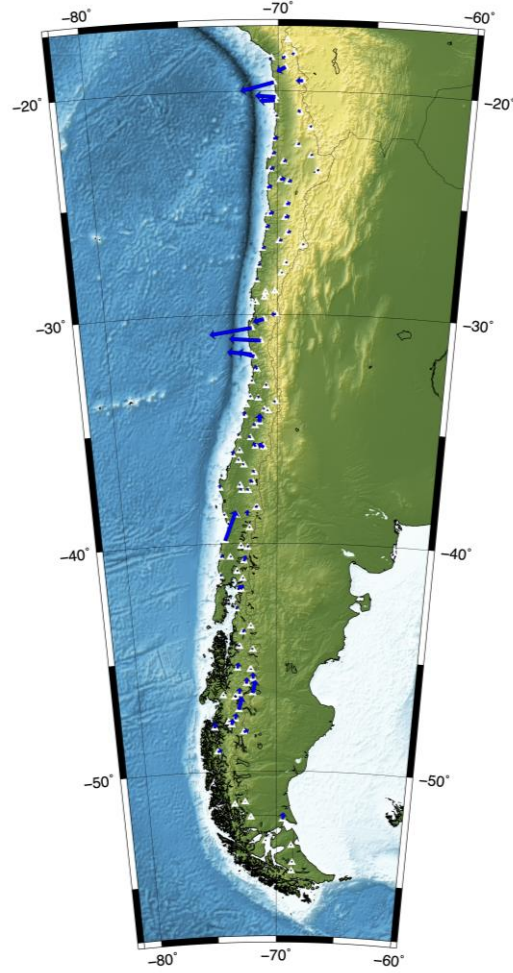
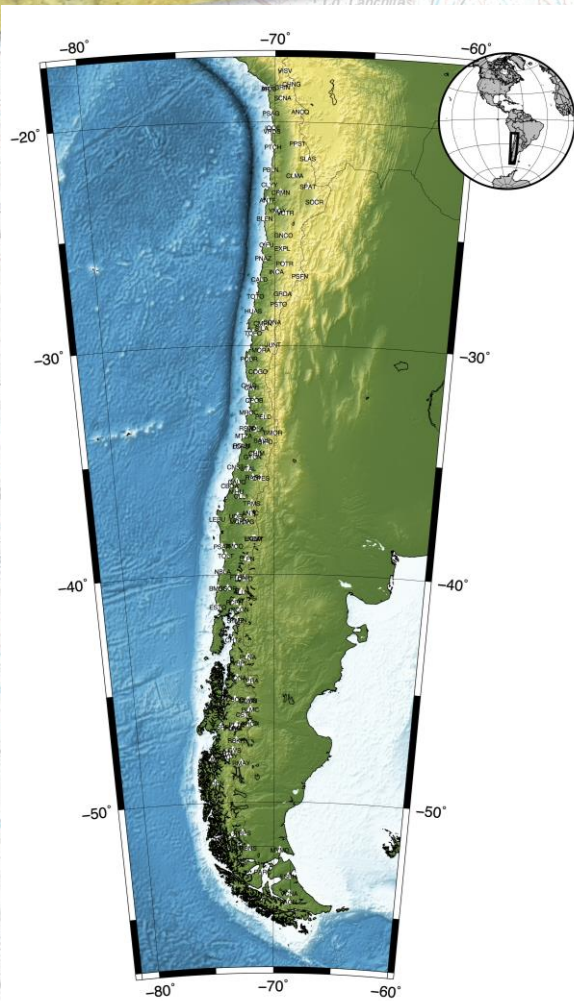


SIRGAS-CHILE





Soluciones SIRGAS Chile 2013 y 2016



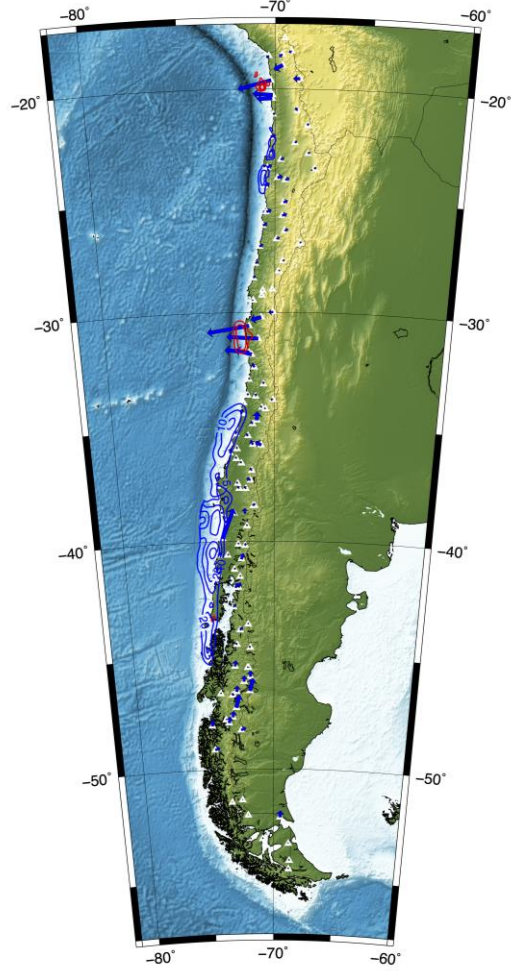
- Buena distribución de estaciones semipermanentes y continuas

- La dispersión de las diferencias es significativa, indicando deformación principalmente debido a los terremotos de Pisagua 2014 e Illapel 2015

- Se requiere filtrar las estaciones que serán incluidas en la estimación de parámetros de transformación, para evitar mayor dispersión, considerando solo las que obtienen el vínculo con SIRGAS.



Deformaciones

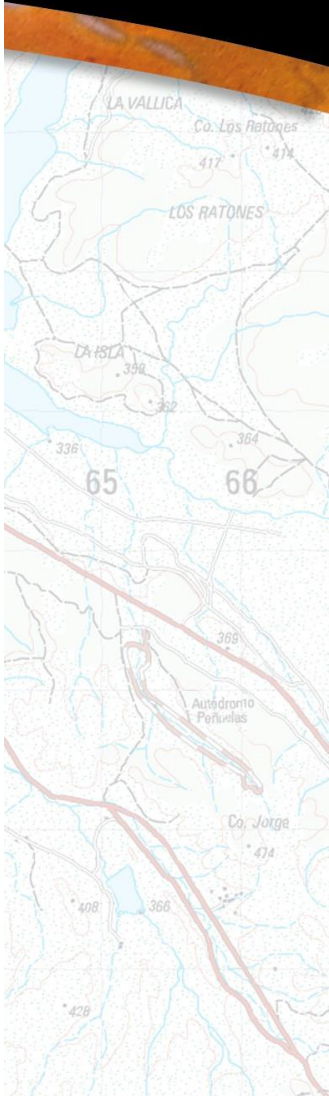


Diferencias y dispersión en metros

	Dx (m)	Dy (m)	Dz (m)
Media	0,010	-0,175	-0,106
std	0,240	0,329	0,250



¡Alta dispersión!





Solución para transformar SIRGAS CHILE 2013 a 2016

Diferencia entre todas las estaciones

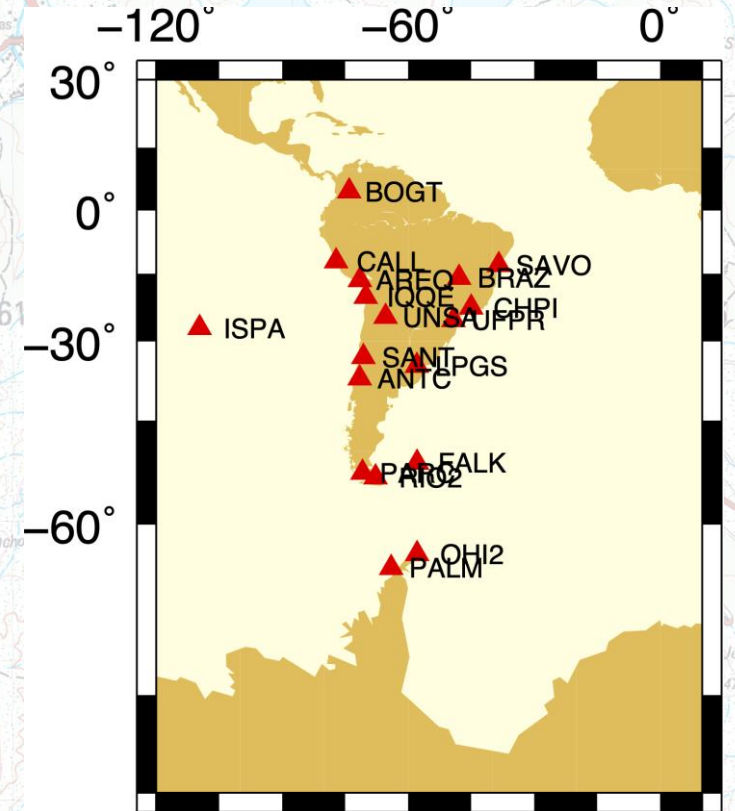
Diferencia entre todas las estaciones menos las de zonas de deformación

	Dx	Dy	Dz
MEDIA	0,006	0,030	-0,031
STD	0,142	0,050	0,016

	Dx	Dy	Dz
MEDIA	-0,017	0,025	-0,031
STD	0,031	0,023	0,014

Parámetros Finales para transformar SIRGAS 2013 a 2016

Parámetro	s	ω (arcs)	ϕ (arcs)	κ (arcs)	Tx (m)	Ty (m)	Tz (m)	σ
valor	0,9999999994	0,001	0,001	0,000	0,013	-0,010	0,007	0,016
std	0,0000000153	0,000	0,000	0,000	0,165	0,138	0,107	





ITRF y el modelo de movimiento no lineal en las estaciones



ITRF2020: Augmented Parametric Reference Frame

Regularized position

$$X(t) = X(t_0) + \dot{X} \cdot (t - t_0) + \delta X(t)_{PSD} + \delta X(t)_s$$

Σ Post-Seismic Deformations

Σ Periodic Signals, estimated for all techniques

- $\delta X(t)_{PSD}$ Will be refined for all stations subject to major earthquakes

Periodic Signals : General Equations Sine & Cosine Function

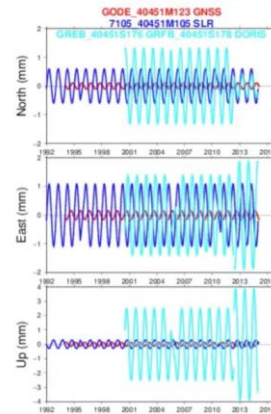
$$\Delta X_f = \sum_{i=1}^{n_f} a^i \cos(\omega_i t) + b^i \sin(\omega_i t)$$

→ 6 parameters per station & per frequency:
(a , b) following the three axis X, Y, Z

→ With respect to a secular (ITRF) frame we can write:

$$X(t)_s - \delta X(t)_{PSD} = X(t_0)_{itrf} + \dot{X}_{itrf} \cdot (t - t_0) + T(t) + \Delta X_f(t)$$

Technique agreement: Greenbelt Residuals of annual signal

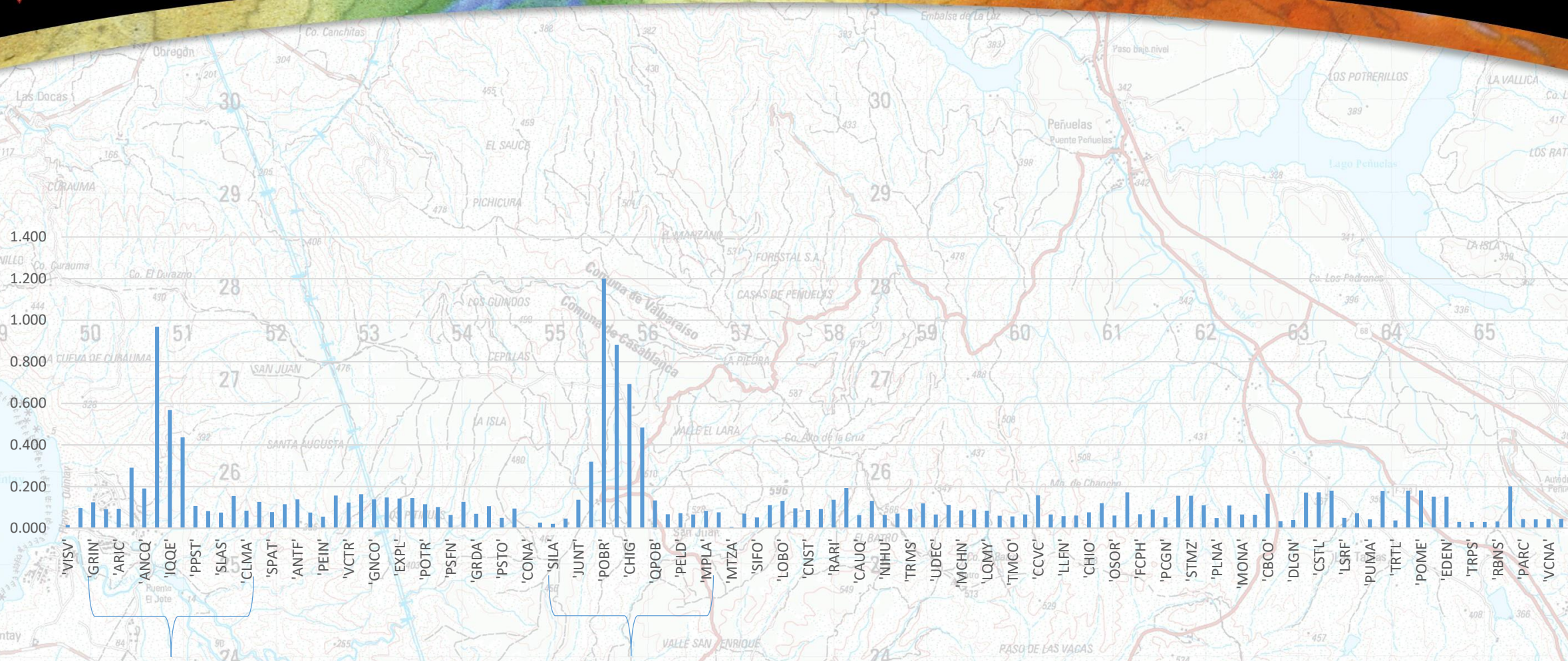


- ITRF2020: an augmented parametric frame
 - Enhanced PSD parametric functions
 - Periodic signals in the CM Frame
- Seasonal signals: Technique discrepancies for some co-located sites > 1mm in amplitude
=> Their co-motion constraints will be down-weighted
- Estimating GPS draconitic signals seems to improve velocity estimation

Altamimi et al. AGU2020, 1-17-Dec-2020



Comparación entre realización 2016.0 ajustada y calculada por los parámetros



Pisagua 8,2Mw 2014.

Illapel 8,4 Mw, 2015, esto se debe modelar separadamente!



Consideraciones finales



- Es importante tener en cuenta que la solución de SIRGAS-CHILE es la realización del ITRF mediante el ajuste de SIRGAS a IGB08;
- Los modelos de velocidades en Chile tienden a fallar, debido a la alta deformación en las diferentes zonas del país;
- Mantener el vínculo con IGB08 e ITRF debe ser realizado con las estaciones que son utilizadas comúnmente en el ajuste de la red, no utilizando todas las estaciones de la red Chilena, ya que esto provoca la pérdida del vínculo;
- Los parámetros estimados cumplen ampliamente con la solicitud de IDE-Chile para la transformación de SIG y mapas;
- El procedimiento establecido para la obtención de los parámetros puede ser escalable para obtener parámetros entre diversos marcos de referencia entregados por IGM.
- Estamos trabajando para modelar las zonas afectadas por terremotos, no obstante, se requiere más observaciones regionales para un mejor modelamiento.



Gracias !!